



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0020177
(43) 공개일자 2025년02월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01J 9/02 (2006.01) G01B 9/02 (2022.01)
G01J 9/00 (2006.01) G02B 21/36 (2006.01)
G02B 27/14 (2006.01) G02B 27/28 (2020.01)
(52) CPC특허분류
G01J 9/02 (2013.01)
G01B 9/02041 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0101750
(22) 출원일자 2023년08월03일
심사청구일자 2023년08월03일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
양태석
서울특별시 동작구 국사봉10길 10
최영운
서울특별시 서초구 서초중앙로 242, 501동 1305호 (반포동, 삼호가든맨션)
박관준
서울특별시 성북구 고려대로10길 39, 303 (안암동3가)호
(74) 대리인
특허법인남춘

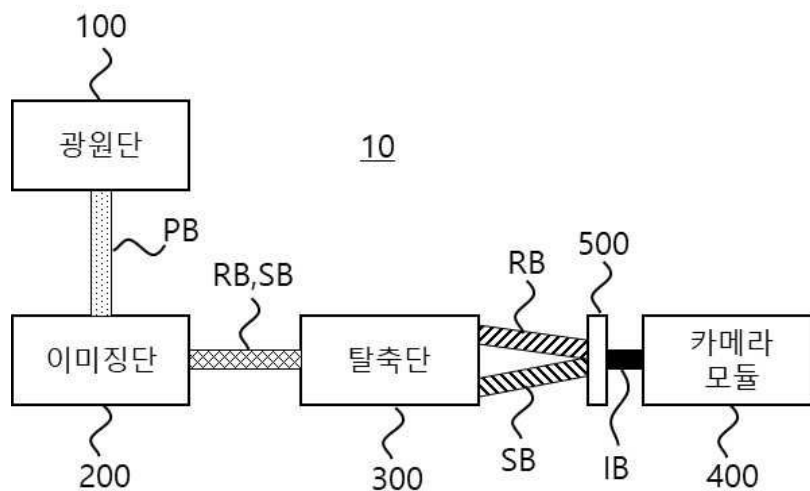
전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 **탈축 이미징 장치**

(57) 요약

본 발명의 실시예에 따른 탈축 이미징 장치는 카메라 모듈과; 평면빔을 조사하는 광원단과; 기준 미러를 포함하고, 상기 광원단으로부터 조사된 평면빔을 기준빔 및 샘플빔으로 분할하고, 상기 기준 미러와 타겟 샘플로부터 반사되는 기준빔 및 샘플빔을 방출하되, 상기 기준빔과 상기 샘플빔이 상호 간섭되지 않도록 기준빔과 상기 샘플빔의 편광 방향을 조절하는 이미징단과; 상기 카메라 모듈과 상기 이미징단 사이에 배치되어 상기 이미징단으로부터 방출된 기준빔과 샘플빔을 탈축시켜 상기 카메라 모듈로 향하게 하는 탈축단과; 상기 카메라 모듈의 전단에 배치되어, 상기 탈축단에 의해 탈축된 기준빔과 샘플빔이 상호 간섭되어 간섭빔이 형성되도록 기준빔과 샘플빔의 편광 방향을 조절하는 편광 소자를 포함하는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도3



(52) CPC특허분류

G02B 21/361 (2013.01)
 G02B 21/365 (2013.01)
 G02B 27/14 (2013.01)
 G02B 27/286 (2013.01)
 G01J 2009/002 (2013.01)
 G01J 2009/0249 (2013.01)
 G01J 2009/0261 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711185011
과제번호	2021R1A2C2012069
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)
연구과제명	편광 위상 영상을 통한 무 표지 생체조직 영상 분할 및 암 검출 기술 개발
기 여 율	34/100
과제수행기관명	고려대학교
연구기간	2023.08.01 ~ 2024.02.29

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711193862
과제번호	2020-0-00997-004
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	홀로그래픽심기술개발
연구과제명	(세부3)홀로그램 복원 및 측정검사용 저작 모듈 기술 개발
기 여 율	33/100
과제수행기관명	한국광기술원
연구기간	2023.01.01 ~ 2023.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415185772
과제번호	20010031
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국산업기술평가관리원
연구사업명	차세대지능형반도체기술개발(설계제조)(R&D)
연구과제명	반도체 3D 패키징 입체구조의 대면적 검사를 위한 홀로그래피 기반 자동 광학 검사
장비 개발	
기 여 율	33/100
과제수행기관명	(주)히스컴퍼니
연구기간	2023.01.01 ~ 2023.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

카메라 모듈과;

평면빔을 조사하는 광원단과;

기준 미러를 포함하고, 상기 광원단으로부터 조사된 평면빔을 기준빔 및 샘플빔으로 분할하고, 상기 기준 미러와 타겟 샘플로부터 반사되는 기준빔 및 샘플빔을 방출하되, 상기 기준빔과 상기 샘플빔이 상호 간섭되지 않도록 기준빔과 상기 샘플빔의 편광 방향을 조절하는 이미징단과;

상기 카메라 모듈과 상기 이미징단 사이에 배치되어 상기 이미징단으로부터 방출된 기준빔과 샘플빔을 탈축시켜 상기 카메라 모듈로 향하게 하는 탈축단과;

상기 카메라 모듈의 전단에 배치되어, 상기 탈축단에 의해 탈축된 기준빔과 샘플빔이 상호 간섭되어 간섭빔이 형성되도록 기준빔과 샘플빔의 편광 방향을 조절하는 편광 소자를 포함하는 것을 특징으로 하는 탈축 이미징 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 카메라 모듈과 상기 이미징단 사이에 배치되는 4-f 렌즈를 포함하며;

상기 탈축단은 상기 4-f 렌즈를 구성하는 한 쌍의 렌즈 사이에 배치되는 것을 특징으로 하는 탈축 이미징 장치.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 이미징단은 상기 기준빔을 제1 방향으로 선형편광시키고, 상기 샘플빔을 제1 방향과 수직인 제2 방향으로 선형편광시켜 상기 탈축단으로 향하게 하는 것을 특징으로 하는 탈축 이미징 장치.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 탈축단은

상기 이미징단으로부터의 기준빔과 샘플빔을 투과 및 반사시켜 제1 광 경로 및 제2 광 경로로 분할하는 광 분할기와,

상기 제1 광 경로 상에 배치되어 상기 제1 방향으로 선형편광된 상기 기준빔을 투과시키고, 상기 제2 방향으로 선형편광된 샘플빔의 투과를 차단하는 제1 편광판과,

상기 제2 광 경로 상에 배치되어 상기 제2 방향으로 선형편광된 샘플빔을 투과시키고, 상기 제1 방향으로 선형편광된 기준빔의 투과를 차단하는 제2 편광판과,

상기 제1 광 경로 상에 배치되어, 상기 제1 편광판을 투과한 기준빔을 탈축시켜 상기 제1 편광판을 향해 반사시키는 제1 재귀 반사 거울과,

상기 제2 광 경로 상에 배치되어, 상기 제2 편광판을 투과한 샘플빔을 탈축시켜 상기 제2 편광판을 향해 반사시키는 제2 재귀 반사 거울을 포함하며;

상기 제1 재귀 반사 거울 및 상기 제2 재귀 반사 거울로부터 반사되어 상기 제1 편광판 및 상기 제2 편광판을 각각 투과한 기준빔 및 샘플빔은 상기 광 분할기를 거쳐 상기 카메라 모듈로 향하는 것을 특징으로 하는 탈축 이미징 장치.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 제1 채귀 반사 거울 및 상기 제2 채귀 반사 거울은 상기 4-f 렌즈의 푸리에 평면(Fourier plane) 상에 배치되는 것을 특징으로 하는 탈축 이미징 장치.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 제1 채귀 반사 거울 및 상기 제2 채귀 반사 거울은 각각 상기 기준빔 및 상기 샘플빔과 수직한 평면 상에서 이동 가능하게 설치되는 것을 특징으로 하는 탈축 이미징 장치.

청구항 7

제4항에 있어서,

상기 제1 방향으로의 선형편광은 S 편광과 P 편광 중 어느 하나이고,

상기 제2 방향으로의 선형편광은 S 편광과 P 편광 중 다른 하나인 것을 특징으로 하는 탈축 이미징 장치.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 편광 소자는 45도 편광판을 포함하는 것을 특징으로 하는 탈축 이미징 장치.

청구항 9

제4항에 있어서,

상기 제1 채귀 반사 거울 및 상기 제2 채귀 반사 거울은 상호 수직인 3개의 거울로 구성된 3면 채귀 반사 거울을 포함하는 것을 특징으로 하는 탈축 이미징 장치.

청구항 10

제4항에 있어서,

상기 이미징단은

상기 광원단으로부터의 평편빔 중 S 편광은 반사시키고 P 편광은 투과시켜 샘플빔 및 기준빔으로 분할하는 편광 분할기와,

상기 타겟 샘플과 상기 편광 광 분할기 사이에 배치되어, 상기 타겟 샘플로 향하는 샘플빔을 원형편광시키고, 상기 타겟 샘플로부터 반사되어 상기 편광 광 분할기로 향하는 원형편광된 샘플빔을 P 편광시키는 샘플단 파장판과,

상기 기준 미러와 상기 편광 광 분할기 사이에 배치되어, 상기 기준 미러로 향하는 기준빔을 원형편광시키고, 상기 기준 미러로부터 반사되어 상기 편광 광 분할기로 향하는 원형편광된 기준빔을 S 편광시키는 기준단 파장판을 포함하고;

상기 타겟 샘플 및 상기 기준 미러로부터 반사되어 상기 샘플단 파장판 및 상기 기준단 파장판을 각각 투과한 P 편광된 샘플빔과 S 편광된 기준빔이 상기 편광 광 분할기에서 투과 및 반사되어 상기 탈축단을 향하며;

상기 제1 방향으로의 편광이 S 편광이고, 상기 제2 방향으로 편광이 P 편광인 것을 특징으로 하는 탈축 이미징 장치.

청구항 11

제4항에 있어서,

상기 이미징단은

상기 광원단으로부터의 평면빔 중 S 편광은 반사시키고 P 편광은 투과시켜 기준빔 및 샘플빔으로 분할하는 편광 광 분할기와,

상기 타겟 샘플과 상기 편광 광 분할기 사이에 배치되어, 상기 타겟 샘플로 향하는 샘플빔을 원형편광시키고, 상기 타겟 샘플로부터 반사되어 상기 편광 광 분할기로 향하는 원형편광된 샘플빔을 S 편광시키는 샘플단 파장판과,

상기 기준 미러와 상기 편광 광 분할기 사이에 배치되어, 상기 기준 미러로 향하는 기준빔을 원형편광시키고, 상기 기준 미러로부터 반사되어 상기 편광 광 분할기로 향하는 원형편광된 기준빔을 P 편광시키는 기준단 파장판을 포함하고;

상기 타겟 샘플 및 상기 기준 미러로부터 반사되어 상기 샘플단 파장판 및 상기 기준단 파장판을 각각 투과한 S 편광된 샘플빔과 P 편광된 기준빔이 상기 편광 광 분할기에서 반사 및 투과되어 상기 탈축단을 향하며;

상기 제1 방향으로의 편광이 P 편광이고, 상기 제2 방향으로 편광이 S 편광인 것을 특징으로 하는 탈축 이미징 장치.

청구항 12

제10항 또는 제11항에 있어서,

상기 샘플단 파장판 및 상기 기준단 파장판은 각각 $\lambda/4$ 파장판(Quarter Wave Plate)을 포함하는 것을 특징으로 하는 탈축 이미징 장치.

청구항 13

제4항에 있어서,

상기 광원단은

평면빔을 조사하는 광원과;

상기 광원으로부터 조사되는 평면빔의 각도를 2 축을 기준으로 조절하는 적어도 하나의 각도 조절 미러를 포함하는 것을 특징으로 하는 탈축 이미징 장치.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 편광 광 분할기에 의해 샘플빔과 기준빔으로 분할되기 전의 평면빔이 상기 각도 조절 미러에 의해 각도가 조절되어 상기 기준빔과 샘플빔의 시간적 파면(Temporal front)이 일치된 상태로 상기 편광 광 분할기에 의해 분할되어, 간섭빔의 전체 영역에서 간섭 무늬가 형성되는 것을 특징으로 하는 탈축 이미징 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 탈축 이미징 장치에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 탈축 간섭계를 이용하는 탈축 이미징 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로 반사 형식의 위상 현미경, 예컨대 탈축 이미징 장치는 타겟 샘플의 표면에서 반사되는 빛의 위상을 바로 획득 가능하여, 투과 형식의 위상 현미경의 위상 민감도보다 높다는 장점이 있다.

[0003] 반사 형태의 탈축 위상 현미경은 Linnik 형태로 마이켈슨(Michelson) 간섭계가 주로 사용된다. 이는 광원으로부터 나온 빛이 광 분배기(Beam splitter)로 나누어지고, 분리된 빛 중 하나는 타겟 샘플, 즉 샘플단에 입사 및 반사가 되고, 다른 하나는 물체가 없는 공간, 즉 기준단을 샘플단과 동일한 형태로 반사된다. 반사된 두 빛은 다시 광 분배기를 통해 합쳐지고 기준단을 만들기 위해 회절격자와 핀홀을 주로 이용하여 탈축을 형성하게 된다. 도 1은 종래의 회절격자를 이용한 탈축 이미징 장치의 구성의 예를 나타낸 도면이다.

- [0004] 회절격자를 이용하는 방법은 계산에 의해서 쉽게 회절격자를 선택함으로써 탈축 시스템을 구성할 수 있어, 널리 사용되고 있다. 회절격자는 탈축 이미징 장치에 맞추어 카메라 모듈의 픽셀에 4배 정도가 되도록 최적화로 정확히 계산될 수 있지만, 현실은 시판되고 있는 회절격자 중 계산 값과 근사하거나, 그 중 효율성이 좋은 것으로 대신 사용하는 게 현실이다. 이러한 문제로 인해 최적의 이미징 조건임에도 불구하고, 최상의 조건이 아니게 된다.
- [0005] 또한 탈축 이미징 장치의 특성상 탈축을 형성하기 위한 회절격자가 기준단 및 샘플단으로 구성되는 이미징단과 유기적으로 연결되어 있다. 즉, 회절 격자는 이미징 시스템의 조건 예컨대, 배율, 사용되는 렌즈의 개수 NA, 파장 그리고 이미징용 카메라 모듈의 픽셀크기 등 여러 조건을 고려하여 공간 주파수 상의 자가 간섭과 잘 분리되어 복원영상(reconstruction image)의 해상도를 잃지 않는 조건을 찾아서 사용하여야 한다.
- [0006] 따라서 회절격자 만을 원하는 조건의 탈축을 위해 교체하거나 바꾼다는 것은 사실상 쉽지 않다.
- [0007] 또한, 이를 교체하더라도 전문가가 아니면 복잡한 이미징 시스템의 광 경로의 재조정(Align)이 용이하지 않기 때문에 정확한 시스템 구축에는 한계가 있다. 이러한 문제는 항상 탈축 이미징 장치의 상용화에 있어, 큰 걸림돌이 되고 있다.
- [0008] 다른 방법으로는, 도 2에 도시된 바와 같이, 기준단의 거울을 각도를 조절하여 탈축을 만드는 방법이 있다. 이 방법은 매우 간단한 구조라는 장점이 있으나, 사용하는 대물 렌즈의 구경에 의해서 그 각도가 크게 제한되어, 공간주파수 상에서 자가 간섭과 분리가 잘 되지 않아 해상도를 많이 잃게 되는 단점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 이에 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해소하기 위해 안출된 것으로써, 탈축을 구성하기 위한 광학 요소가 이미징단에 영향을 주지 않아, 대물렌즈나 카메라 모듈 등의 광학 요소의 교체에도 강인한 탈축 이미징 장치를 제공하는데 그 목적이 있다.
- [0010] 또한, 이미징을 위한 홀로그래프 정보를 자가 간섭 정보로부터 충분히 분리하여 고해상도의 이미징이 가능한 탈축 이미징 장치를 제공하는데 또 다른 목적이 있다.

과제의 해결 수단

- [0011] 상기 목적은 본 발명에 따라, 카메라 모듈과; 평면빔을 조사하는 광원단과; 기준 미러를 포함하고, 상기 광원단으로부터 조사된 평면빔을 기준빔 및 샘플빔으로 분할하고, 상기 기준 미러와 타겟 샘플로부터 반사되는 기준빔 및 샘플빔을 방출하되, 상기 기준빔과 상기 샘플빔이 상호 간섭되지 않도록 기준빔과 상기 샘플빔의 편광 방향을 조절하는 이미징단과; 상기 카메라 모듈과 상기 이미징단 사이에 배치되어 상기 이미징단으로부터 방출된 기준빔과 샘플빔을 탈축시켜 상기 카메라 모듈로 향하게 하는 탈축단과; 상기 카메라 모듈의 전단에 배치되어, 상기 탈축단에 의해 탈축된 기준빔과 샘플빔이 상호 간섭되어 간섭빔이 형성되도록 기준빔과 샘플빔의 편광 방향을 조절하는 편광 소자를 포함하는 것을 특징으로 하는 탈축 이미징 장치에 의해서 달성된다.
- [0012] 여기서, 상기 카메라 모듈과 상기 이미징단 사이에 배치되는 4-f 렌즈를 포함하며; 상기 탈축단은 상기 4-f 렌즈를 구성하는 한 쌍의 렌즈 사이에 배치될 수 있다.
- [0013] 또한, 상기 이미징단은 상기 기준빔을 제1 방향으로 선형편광시키고, 상기 샘플빔을 제1 방향과 수직인 제2 방향으로 선형편광시켜 상기 탈축단으로 향하게 할 수 있다.
- [0014] 일 실시예로, 상기 탈축단은 상기 이미징단으로부터의 기준빔과 샘플빔을 투과 및 반사시켜 제1 광 경로 및 제2 광 경로로 분할하는 광 분할기와, 상기 제1 광 경로 상에 배치되어 상기 제1 방향으로 선형편광된 상기 기준빔을 투과시키고, 상기 제2 방향으로 선형편광된 샘플빔의 투과를 차단하는 제1 편광판과, 상기 제2 광 경로 상에 배치되어 상기 제2 방향으로 선형편광된 샘플빔을 투과시키고, 상기 제1 방향으로 선형편광된 기준빔의 투과를 차단하는 제2 편광판과, 상기 제1 광 경로 상에 배치되어, 상기 제1 편광판을 투과한 기준빔을 탈축시켜 상기 제1 편광판을 향해 반사시키는 제1 채귀 반사 거울과, 상기 제2 광 경로 상에 배치되어, 상기 제2 편광판을 투과한 샘플빔을 탈축시켜 상기 제2 편광판을 향해 반사시키는 제2 채귀 반사 거울을 포함하며; 상기 제1 채귀 반사 거울 및 상기 제2 채귀 반사 거울로부터 반사되어 상기 제1 편광판 및 상기 제2 편광판을 각각 투과한 기준빔 및 샘플빔은 상기 광 분할기를 거쳐 상기 카메라 모듈로 향할 수 있다.

- [0015] 일 실시예로, 상기 제1 채취 반사 거울 및 상기 제2 채취 반사 거울은 상기 4-f 렌즈의 푸리에 평면(Fourier plane) 상에 배치될 수 있다.
- [0016] 여기서, 상기 제1 채취 반사 거울 및 상기 제2 채취 반사 거울은 각각 상기 기준빔 및 상기 샘플빔과 수직한 평면 상에서 이동 가능하게 설치될 수 있다.
- [0017] 일 실시예로, 상기 제1 방향으로의 선형편광은 S 편광과 P 편광 중 어느 하나이고, 상기 제2 방향으로의 선형편광은 S 편광과 P 편광 중 다른 하나일 수 있다.
- [0018] 일 실시예로, 상기 편광 소자는 45도 편광판을 포함할 수 있다.
- [0019] 일 실시예로, 상기 제1 채취 반사 거울 및 상기 제2 채취 반사 거울은 상호 수직인 3개의 거울로 구성된 3면 채취 반사 거울을 포함할 수 있다.
- [0020] 일 실시예로, 상기 이미징단은 상기 광원단으로부터의 평편빔 중 S 편광은 반사시키고 P 편광은 투과시켜 샘플빔 및 기준빔으로 분할하는 편광 광 분할기와, 상기 타겟 샘플과 상기 편광 광 분할기 사이에 배치되어, 상기 타겟 샘플로 향하는 샘플빔을 원형편광시키고, 상기 타겟 샘플로부터 반사되어 상기 편광 광 분할기로 향하는 원형편광된 샘플빔을 P 편광시키는 샘플단 파장판과, 상기 기준 미러와 상기 편광 광 분할기 사이에 배치되어, 상기 기준 미러로 향하는 기준빔을 원형편광시키고, 상기 기준 미러로부터 반사되어 상기 편광 광 분할기로 향하는 원형편광된 기준빔을 S 편광시키는 기준단 파장판을 포함하고; 상기 타겟 샘플 및 상기 기준 미러로부터 반사되어 상기 샘플단 파장판 및 상기 기준단 파장판을 각각 투과한 P 편광된 샘플빔과 S 편광된 기준빔이 상기 편광 광 분할기에서 투과 및 반사되어 상기 탈축단을 향하며; 상기 제1 방향으로의 편광이 S 편광이고, 상기 제2 방향으로 편광이 P 편광일 수 있다.
- [0021] 다른 예로, 상기 이미징단은 상기 광원단으로부터의 평편빔 중 S 편광은 반사시키고 P 편광은 투과시켜 기준빔 및 샘플빔으로 분할하는 편광 광 분할기와, 상기 타겟 샘플과 상기 편광 광 분할기 사이에 배치되어, 상기 타겟 샘플로 향하는 샘플빔을 원형편광시키고, 상기 타겟 샘플로부터 반사되어 상기 편광 광 분할기로 향하는 원형편광된 샘플빔을 S 편광시키는 샘플단 파장판과, 상기 기준 미러와 상기 편광 광 분할기 사이에 배치되어, 상기 기준 미러로 향하는 기준빔을 원형편광시키고, 상기 기준 미러로부터 반사되어 상기 편광 광 분할기로 향하는 원형편광된 기준빔을 P 편광시키는 기준단 파장판을 포함하고; 상기 타겟 샘플 및 상기 기준 미러로부터 반사되어 상기 샘플단 파장판 및 상기 기준단 파장판을 각각 투과한 S 편광된 샘플빔과 P 편광된 기준빔이 상기 편광 광 분할기에서 반사 및 투과되어 상기 탈축단을 향하며; 상기 제1 방향으로의 편광이 P 편광이고, 상기 제2 방향으로 편광이 S 편광일 수 있다.
- [0022] 일 실시예로, 상기 샘플단 파장판 및 상기 기준단 파장판은 각각 $\lambda/4$ 파장판(Quarter Wave Plate)을 포함할 수 있다.
- [0023] 일 실시예로, 상기 광원단은 평면빔을 조사하는 광원과; 상기 광원으로부터 조사되는 평면빔의 각도를 2 축을 기준으로 조절하는 적어도 하나의 각도 조절 미러를 포함할 수 있다.
- [0024] 여기서, 상기 편광 광 분할기에 의해 샘플빔과 기준빔으로 분할되기 전의 평면빔이 상기 각도 조절 미러에 의해 각도가 조절되어 상기 기준빔과 샘플빔의 시간적 파면(Temporal front)이 일치된 상태로 상기 편광 광 분할기에 의해 분할되어, 간섭빔의 전체 영역에서 간섭 무늬가 형성될 수 있다.

발명의 효과

- [0025] 상기 구성에 따라 본 발명에 따르면, 탈축을 구성하기 위한 광학 요소가 이미징단에 영향을 주지 않아, 대물렌즈나 카메라 모듈 등의 광학 요소의 교체에도 강인한 탈축 이미징 장치가 제공된다.
- [0026] 또한, 본 발명에 따르면 이미징을 위한 홀로그램 정보를 자가 간섭 정보로부터 충분히 분리하여 고해상도의 이미징이 가능한 탈축 이미징 장치가 제공된다.

도면의 간단한 설명

- [0027] 도 1 및 도 2는 종래의 탈축 이미징 장치의 구성을 나타낸 도면이고,
 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 탈축 이미징 장치의 구성을 나타낸 도면이고,
 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 탈축 이미징 장치의 셋업 예를 나타낸 도면이고,

도 5 및 도 6은 주파수 공간에서 자가 간섭 정보와 홀로그램 정보의 예를 나타낸 도면이고,

도 7은 본 발명의 실시예에 따른 탈축 이미징 장치의 기준빔 및 샘플빔의 편광 상태 변화를 설명하기 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0028] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나, 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 제한되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술 분야의 통상의 기술자에게 본 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다.
- [0029] 본 명세서에서 사용된 용어는 실시예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 "포함한다(comprises)" 및/또는 "포함하는(comprising)"은 언급된 구성요소 외에 하나 이상의 다른 구성요소의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다. 명세서 전체에 걸쳐 동일한 도면 부호는 동일한 구성 요소를 지칭하며, "및/또는"은 언급된 구성요소들의 각각 및 하나 이상의 모든 조합을 포함한다. 비록 "제1", "제2" 등이 다양한 구성요소들을 서술하기 위해서 사용되나, 이들 구성요소들은 이들 용어에 의해 제한되지 않음은 물론이다. 이들 용어들은 단지 하나의 구성요소를 다른 구성요소와 구별하기 위하여 사용하는 것이다. 따라서, 이하에서 언급되는 제1 구성요소는 본 발명의 기술적 사상 내에서 제2 구성요소일 수도 있음은 물론이다.
- [0030] 다른 정의가 없다면, 본 명세서에서 사용되는 모든 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는 본 발명이 속하는 기술 분야의 통상의 기술자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 사용될 수 있을 것이다. 또한, 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 용어들은 명백하게 특별히 정의되어 있지 않는 한 이상적으로 또는 과도하게 해석되지 않는다.
- [0031] 이하에서는 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명에 따른 실시예에 대해 상세히 설명한다.
- [0032] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 탈축 이미징 장치(10)의 구성을 나타낸 도면이다. 본 발명의 실시예에 따른 탈축 이미징 장치(10)는 광원단(100), 이미징단(200), 탈축단(300), 카메라 모듈(400) 및 편광 소자(500)를 포함하여 구성될 수 있다.
- [0033] 도 3에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 탈축 위상 이미징 단치는 기준 미러(220)와 타겟 샘플로부터 반사되는 기준빔(RB)과 샘플빔(SB)을 생성하는 이미징단(200)과, 탈축을 형성하기 위한 탈축단(300)이 분리되는 것을 특징으로 한다.
- [0034] 보다 구체적으로 설명하면, 본 발명의 실시예에 따른 광원단(100)은 평면빔(PB)을 이미징단(200)을 향해 조사한다. 즉 본 발명의 실시예에서는 이미징단(200)에서 샘플빔(SB)과 기준빔(RB)으로 분할되기 전단인 광원(110)부에서 평면빔(PB)의 각도를 조절하게 되고, 이에 따라 이미징단(200)에서 분할되는 기준빔(RB) 또한 각도가 조절된 상태를 갖는다.
- [0035] 즉 광원단(100)에서 평면빔(PB)이 샘플빔(SB)과 기준빔(RB)으로 분할되기 전에 평면빔(PB)의 각도가 조절되어, 샘플빔(SB)과 기준빔(RB)의 시간적 파면(Temporal front)이 일치하게 된다. 따라서, 샘플빔(SB)과 기준빔(RB)의 전체 관측 영역에서 간섭 무늬를 형성하게 된다.
- [0036] 여기서, 광원단(100)의 구체적인 구성의 예에 대한 설명은 후술한다.
- [0037] 본 발명의 실시예에 따른 이미징단(200)은 기준 미러(220)를 포함할 수 있다. 그리고, 이미징단(200)은 광원단(100)으로부터 조사된 평면빔(PB)을 기준빔(RB)과 샘플빔(SB)으로 분할한다. 여기서, 기준빔(RB)과 샘플빔(SB)은 각각 기준 미러(220)와 타겟 샘플로부터 반사되어 탈축단(300)을 향해 이미징단(200)으로부터 방출된다.
- [0038] 본 발명의 실시예에서는 이미징단(200)이 기준빔(RB)과 샘플빔(SB)이 상호 간섭되지 않은 상태로 탈축단(300)을 향하도록 기준빔(RB)과 샘플빔(SB)의 편광 방향을 조절하게 된다.
- [0039] 본 발명의 실시예에 따른 탈축단(300)은 카메라 모듈(400)과 이미징단(200) 사이에 배치될 수 있다. 그리고, 탈축단(300)은 이미징단(200)으로부터 방출된 기준빔(RB)과 샘플빔(SB)을 탈축시켜 카메라 모듈(400)로 향하게 함으로써, 탈축 시스템을 구현하게 된다.

- [0040] 본 발명의 실시예에 따른 편광 소자(500)는 카메라 모듈(400)의 전단에 배치될 수 있다. 앞서 설명한 바와 같이, 이미징단(200)에서 방출되는 기준빔(RB)과 샘플빔(SB)은 편광 방향이 조절되어 상호 간섭되지 않은 상태로 탈축단(300)을 거쳐 카메라 모듈(400)로 향하게 된다.
- [0041] 여기서, 편광 소자(500)는 카메라 모듈(400)의 전단에서 탈축단(300)에 의해 탈축된 기준빔(RB)과 샘플빔(SB)이 상호 간섭되도록 편광 방향을 조절한다. 일 예로, 편광 소자(500)는 기준빔(RB)과 샘플빔(SB)의 편광 방향을 일치시켜 상호 간섭이 가능하게 할 수 있다.
- [0042] 편광 소자(500)에 의해 편광된 기준빔(RB)과 샘플빔(SB)은 편광 소자(500)를 투과한 후 상호 간섭되어 간섭빔(IB)을 형성한 상태로 카메라 모듈(400)로 향하게 된다. 따라서, 카메라 모듈(400)은 탈축단(300)에 의해 탈축된 간섭광을 촬영하여, 편광 위상 이미징이 가능하게 된다.
- [0043] 본 발명의 실시예에 따른 탈축 이미징 장치(10)는 이미징 제어부(700)를 포함하여 구성될 수 있다.
- [0044] 이미징 제어부(700)는 카메라 모듈(400)에 의해 촬영된 간섭빔(IB)을 이용하여, 타겟 샘플, 예컨대 타겟 샘플 내의 타겟 오브젝트를 이미징하는데, 이에 대한 설명은 후술한다.
- [0045] 상기와 같은 구성에 따라, 이미징단(200)과 탈축단(300)이 독립적으로 분리되어 있어, 이미징단(200)의 광학 요소, 예를 들어, 후술할 대물렌즈(241, 242)나, 카메라 모듈(400)의 교체와 같이 탈축 이미징 장치(10)의 구성에 변화가 이루어지더라도 쉽고 빠르게 탈축단(300)만을 독립적으로 조절하여, 새로운 시스템 구성에 적용 가능하게 된다.
- [0046] 마찬가지로, 특정 요인에 따라 탈축단(300)의 조정이 필요한 경우에도, 이미징단(200)과 분리되어 있어, 탈축단(300)의 조정하더라도 이미징단(200)에 영향을 주지 않아 시스템 조정을 용이하게 할 수 있다.
- [0047] 이하에서는, 본 발명의 실시예에 따른 탈축 이미징 장치(10)의 구체적인 예에 대해 상세히 설명한다.
- [0048] 본 발명의 실시예에 따른 탈축 이미징 장치(10)는 카메라 모듈(400)과 이미징단(200) 사이에 배치되는 4-f 렌즈(340)를 포함하여 구성될 수 있다. 여기서, 탈축단(300)된 4-f 렌즈(340)를 구성하는 한 쌍의 렌즈(341, 342) 사이에 배치되는 것을 예로 하는데 이에 대한 상세한 설명은 후술한다.
- [0049] 본 발명의 실시예에 따른 이미징단(200)은 기준빔(RB)을 제1 방향으로 선형편광시키고, 샘플빔(SB)을 제1 방향과 수직인 제2 방향으로 선형편광시켜 탈축단(300)으로 향하게 하는 것을 예로 한다. 이하에서는 제1 방향으로의 선형편광이 P 편광이고, 제2 방향으로의 선형편광이 S 편광인 것을 예로 한다.
- [0050] 본 발명의 실시예에 따른 탈축단(300)은 광 분할기(310), 제1 편광판(321), 제2 편광판(322), 제1 재귀 반사 거울(331) 및 제2 재귀 반사 거울(332)을 포함할 수 있다.
- [0051] 본 발명의 실시예에 따른 광 분할기(310)는 이미징단(200)으로부터 기준빔(RB)과 샘플빔(SB)을 반사 및 투과시켜 제1 광 경로 및 제2 광 경로로 분할할 수 있다. 이하에서는 제1 광 경로가 기준빔(RB) 및 샘플빔(SB)이 광 분할기(310)를 투과하는 광 경로이고, 제2 광 경로가 기준빔(RB) 및 샘플빔(SB)이 광 분할기(310)로부터 반사되는 광 경로인 것을 예로 하여 설명한다.
- [0052] 제1 편광판(321)은 제1 광 경로 상에 배치될 수 있다. 그리고, 제1 편광판(321)은 제1 방향으로 선형편광된 기준빔(RB), 즉 P 편광된 기준빔(RB)을 투과시키고, 제2 방향으로 선형편광된 샘플빔(SB), 즉 S 편광된 샘플빔(SB)의 투과를 차단한다. 일 실시예로, 제1 편광판(321)은 0도 편광판으로 마련되어, 기준빔(RB)의 투과를 허용하고 샘플빔(SB)의 투과를 차단할 수 있다.
- [0053] 제2 편광판(322)은 제2 광 경로 상에 배치될 수 있다. 그리고, 제2 편광판(322)은 S 편광된 샘플빔(SB)을 투과시키고, P 편광된 기준빔(RB)의 투과를 차단할 수 있다. 일 실시예로, 제2 편광판(322)은 90도 편광판으로 마련되어, 샘플빔(SB)의 투과를 허용하고 기준빔(RB)의 투과를 차단할 수 있다.
- [0054] 제1 재귀 반사 거울(331)은 제1 광 경로 상에 배치된다. 그리고, 제1 재귀 반사 거울(331)은 제1 편광판(321)을 투과한 기준빔(RB)을 탈축시켜 제1 편광판(321)을 향해 반사시킨다. 일 실시예로, 제1 재귀 반사 거울(331)은 상호 수직인 3개의 거울로 구성된 3면 재귀 반사 거울로 마련되는 것을 예로 한다.
- [0055] 여기서, 제1 재귀 반사 거울(331)은 입사되는 기준빔(RB)의 성질은 바꾸지 않고, 기준빔(RB)의 입사 방향과 나란한 방향으로 기준빔(RB)을 반사시킴으로써, 기준빔(RB)을 탈축시키게 된다.
- [0056] 제2 재귀 반사 거울(332)은 제2 광 경로 상에 배치된다. 그리고, 제2 재귀 반사 거울(332)은 제2 편광판(322)을

투과한 샘플빔(SB)을 탈축시켜 제2 편광판(322)을 향해 반사시킨다. 일 실시예로, 제2 채귀 반사 거울(332)은 상호 수직인 3개의 거울로 구성된 3면 채귀 반사 거울로 마련되는 것을 예로 한다.

[0057] 여기서, 제2 채귀 반사 거울(332)은 입사되는 샘플빔(SB)의 성질은 바꾸지 않고, 샘플빔(SB)의 입사 방향과 나란한 방향으로 샘플빔(SB)을 반사시킴으로써, 샘플빔(SB)을 탈축시키게 된다.

[0058] 한편, 제1 채귀 반사 거울(331)에서 반사된 탈축된 기준빔(RB)은 다시 제1 편광판(321)을 투과한 후, 광 분할기(310)에서 반사되어 카메라 모듈(400) 방향으로 향하게 된다. 그리고, 제2 채귀 반사 거울(332)에서 반사된 탈축된 샘플빔(SB)은 다시 제2 편광판(322)을 투과한 후, 광 분할기(310)를 투과하여 카메라 모듈(400)로 향하게 된다.

[0059] 상기와 같이, 이미징단(200)으로부터 독립적으로 분리된 탈축단(300)에 제1 채귀 반사 거울(331) 및 제2 채귀 반사 거울(332)을 배치시켜, 기준빔(RB)과 샘플빔(SB)을 탈축시킴으로써, 앞서 설명한 바와 같이, 이미징단(200)을 구성하는 요소나 카메라 모듈(400)과 독립적인 탈축 조절이 가능하게 된다.

[0060] 앞서 설명한 바와 같이, 탈축단(300)은 4-f 렌즈(340)를 구성하는 한 쌍의 렌즈(341,342) 사이에 배치된다. 여기서, 탈축단(300)의 제1 채귀 반사 거울(331) 및 제2 채귀 반사 거울(332)은 4-f 렌즈(340)의 푸리에 평면(Fourier plane) 상에 배치되는 것을 예로 한다. 그리고, 제1 채귀 반사 거울(331) 및 제2 채귀 반사 거울(332)은 각각 기준빔(RB) 및 샘플빔(SB)과 수직한 평면 상에서 이동 가능하게 설치되는 것을 예로 한다.

[0061] 이와 같이, 제1 채귀 반사 거울(331) 및 제2 채귀 반사 거울(332)이 기준빔(RB) 및 샘플빔(SB)과 수직한 평면, 즉 푸리에 평면(Fourier plane) 상에서 이동 가능하게 되어, 자가 간섭 정보에 의한 해상도 저하 문제를 해소할 수 있다.

[0062] 예컨대, 도 5에 도시된 바와 같이, 주파수 공간에서 이미징과 관련된 홀로그램 정보와 자가 간섭 정보가 겹쳐지는 경우, 자가 간섭 정보가 노이즈로 작용하여 해상도의 저하를 초래하게 된다.

[0063] 종래의 시스템에서 회절격자를 이용하여 탈축을 구현하는 경우, 도 5에 도시된 바와 같이, 자가 간섭 정보와 홀로그램 정보가 겹치는 상황이 발생하게 되면, 회절격자의 각도를 다시 계산하여 적합한 회절격자로 교체하여야 한다.

[0064] 반면, 탈축단(300)이 분리되고, 제1 채귀 반사 거울(331) 및 제2 채귀 반사 거울을 이용하여 탈축을 구현하는 본 발명의 실시예에서는 제1 채귀 반사 거울 및/또는 제2 채귀 반사 거울(332)의 푸리에 평면(Fourier plane) 상에서의 위치를 간단한 조작만으로 조절함으로써, 홀로그램 정보와 자가 간섭 정보를 쉽게 분리할 수 있게 된다.

[0065] 따라서, 이미징단(200)이나 카메라 모듈(400) 등의 광학 요소가 바뀌어도 바뀐 시스템에 맞게 탈축단(300)의 제 조절이 간단한 조작을 통해 쉽게 가능하게 된다.

[0066] 본 발명의 실시예에 따른 편광 소자(500)는 45도 편광판 형태로 마련되는 것을 예로 한다. 45도 편광판은 탈축단(300)으로부터 카메라 모듈(400)로 향하는 P 편광된 기준빔(RB)과 S 편광된 샘플빔(SB)이 상호 간섭되어 간섭빔(IB)을 형성하도록 기준빔(RB)과 샘플빔(SB)을 45도 편광시킨다.

[0067] 이를 통해, 45도 편광판을 통과한 기준빔(RB)과 샘플빔(SB)은 상호 간섭되어 간섭빔(IB)을 형성한 상태로 카메라 모듈(400)로 입사되어 탈축 위상 이미징이 가능하게 된다.

[0068] 한편, 본 발명의 실시예에 따른 이미징단(200)은 편광 광 분할기(210), 샘플단 파장판(232), 기준단 파장판(231) 및 기준 미러(220)를 포함하여 구성될 수 있다.

[0069] 본 발명의 실시예에 따른 편광 광 분할기(210)는 광원단(100)으로부터의 평면빔(PB) 중 S 편광은 반사시키고, P 편광은 투과시킨다. 여기서, 본 발명의 실시예에서는 편광 광 분할기(210)에 의해 반사되는 S 편광이 기준단, 즉 기준 미러(220)로 향하는 기준빔(RB)이 되고, 편광 광 분할기(210)에서 투과되는 P 편광이 샘플단, 즉 타겟 샘플로 향하는 샘플빔(SB)이 되는 것을 예로 한다.

[0070] 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 탈축 이미징 장치(10)의 기준빔(RB) 및 샘플빔(SB)의 편광 상태 변화를 설명하기 위한 도면으로, 도 7의 (a)는 샘플빔(SB)의 편광 상태 변화를 나타낸 것이고, 도 7의 (b)는 기준빔(RB) 편광 상태 변화를 나타낸 것이다.

[0071] 도 7에 도시된 바와 같이, 평면파가 편광 광 분할기(210)를 투과한 P 편광이 샘플빔(SB)으로 타겟 샘플을 향하

게 되고, 편광 광 분할기(210)로부터 반사된 S 편광이 기준빔(RB)으로 기준 미러(220)를 향하게 된다.

[0072] 기준단 파장판(231)은 편광 광 분할기(210)에서 반사되어 기준 미러(220)로 향하는 S 편광된 기준빔(RB)을 원형 편광시킨다. 일 실시예로, 도 7의 (b)에 도시된 바와 같이, 기준단 파장판(231)은 $\lambda/4$ 파장판(Quater Wave Plate)으로 마련되어, S 편광된 기준빔(RB)이 투과하는 경우 우원형편광시키게 된다.

[0073] 그리고, 기준단 파장판(231)에 의해 우원형편광된 기준빔(RB)은 기준 미러(220)로부터 반사되어 다시 기준단 파장판(231)으로 향하게 된다. 여기서, 기준단 파장판(231)으로 향하는 기준빔(RB)은, 도 7의 (b)에 도시된 바와 같이, 기준 미러(220)로부터 반사될 때 위상 차이가 발생하여 원형편광의 방향이 반대, 즉 좌원형편광되어 기준단 파장판(231)을 향하게 된다. 그리고, 좌원형편광된 기준빔(RB)이 다시 기준단 파장판(231)을 투과하면서 P 편광되어 편광 광 분할기(210)로 향하게 된다.

[0074] 본 발명의 실시예에 따른 샘플단 파장판(232)은 타겟 샘플과 편광 광 분할기(210) 사이의 광 경로 상에 배치될 수 있다.

[0075] 샘플단 파장판(232)은 편광 광 분할기(210)를 투과하여 타겟 샘플로 향하는 P 편광된 샘플빔(SB)을 원형편광시킨다. 일 실시예로, 도 7의 (a)에 도시된 바와 같이, 샘플단 파장판(232)은 $\lambda/4$ 파장판(Quater Wave Plate)으로 마련되어, P 편광된 샘플빔(SB)이 투과하는 경우 좌원형편광시키게 된다.

[0076] 그리고, 샘플단 파장판(232)에 의해 좌원형편광된 샘플빔(SB)은 타겟 샘플로부터 반사되면서 샘플단 파장판(232)을 향하게 된다. 여기서, 샘플단 파장판(232)으로 향하는 샘플빔(SB)은, 도 7의 (a)에 도시된 바와 같이, 타겟 샘플로부터 반사될 때 위상 차이가 발생하여 원형편광의 방향이 반대, 즉 우원형편광되어 샘플단 파장판(232)을 향하게 된다. 그리고, 우원형편광된 샘플빔(SB)이 다시 샘플단 파장판(232)을 투과하면서 S 편광되어 편광 광 분할기(210)로 향하게 된다.

[0077] 본 발명의 실시예에서는 샘플단 파장판(232)과 타겟 샘플 사이에 샘플단 대물렌즈(242)가 배치되는 것을 예로 한다. 마찬가지로, 기준단 파장판(231)과 기준 미러(220) 사이에는 기준단 대물렌즈(241)가 설치될 수 있다. 또한, 광원단(100)과 편광 광 분할기(310) 사이, 그리고 편광 광 분할기(210)와 탈축단(300) 사이에는 렌즈(251, 252)가 설치될 수 있다.

[0078] 상기와 같은 구성에 따라, 타겟 샘플로부터 반사되어 샘플단 파장판(232)을 투과한 후 편광 광 분할기(210)로 향하는 S 편광된 샘플빔(SB)은 편광 광 분할기(210)(130)에서 반사되어 탈축단(300)을 향하게 된다.

[0079] 그리고, 기준 미러(220)로부터 반사되어 기준단 파장판(231)을 투과한 후 편광 광 분할기(210)로 향하는 P 편광된 기준빔(RB)은 편광 광 분할기(210)를 투과하여 탈축단(300)을 향하게 된다.

[0080] 즉, 샘플빔(SB)과 기준빔(RB)은 각각 타겟 샘플 및 기준 미러(220)로부터 반사된 후 편광 광 분할기(210)에서 그 광 경로가 겹치게 되는데, 편광 광 분할기(210), 샘플단 파장판(232) 및 기준단 파장판(231)과 같은 편광 구조에 의한 편광에 따라 각각 S 편광 및 P 편광 상태를 가지고 있어, 편광 광 분할기(210)에서 그 광 경로가 겹치더라도 간섭이 발생하지 않는 상태로 각각 탈축단(300)으로 향하게 된다.

[0081] 그리고, 전술한 바와 같이, 탈축단(300)을 거쳐 탈축된 상태로 카메라 모듈(400)의 전단에 배치되는 편광 소자(500)에 의해 45도 편광되어(도 7 참조), 간섭빔(IB)을 형성한 상태로 카메라 모듈(400)로 입사된다.

[0082] 한편, 본 발명의 실시예에 따른 광원단(100)은 광원(110) 및 각도 조절 미러(121, 122)를 포함하여 구성될 수 있다.

[0083] 광원(110)을 구성하는 레이저 광원(110)으로는 초고속 레이저가 사용되는 것을 예로 하는데, 중심 파장이 대략 450 nm에서 800 nm인 Ti-Sapphire 펄스 레이저가 적용되는 것을 예로 한다. 레이저 광원(110)으로부터 조사되는 레이저 광은 렌즈(141, 142, 151, 152)를 거쳐 평면빔(PB)으로 형성될 수 있다.

[0084] 본 발명의 실시예에 따른 각도 조절 미러(121, 122)는 평면빔(PB)의 각도를 조절한다. 본 발명의 실시예에서는 한 쌍의 1축 갈바노미터 스캐닝 미러가 광 경로 상에 배치되어 각각 x축과 y축의 각도를 조절하여 평면빔(PB)의 각도를 조절하는 것을 예로 한다.

[0085] 즉, 종래에는 기준빔(RB)과 샘플빔(SB)으로 분할된 후, 샘플빔(SB)만이 공간 광 변조기에 의해 각도가 조절되었다. 이와 같은 구조는 공간 광 변조기가 샘플빔(SB)의 시간적 파면(Temporal front)은 유지시키고 공간적 파면(Wavefront)만을 바꾸어주어 전 관측영역에서 간섭 무늬를 만들 수 있기 때문에 가능하다. 반면, 기존의 이미징 방식의 공간 광 변조기의 위치에 각도 조절 미러(121, 122)를 배치시키게 되면, 각도 조절 미러(121, 122)에

의해 기준빔(RB)의 시간적 파면(Temporal front)이 달라져 일부 영역에서만 간섭 무늬가 만들어진다.

- [0086] 이에, 본 발명에서는 평면빔(PB)이 샘플빔(SB)과 기준빔(RB)으로 분할되기 전에 각도 조절 미러(121,122)가 각도를 조절하게 되어, 샘플빔(SB)과 기준빔(RB)의 시간적 파면(Temporal front)이 일치하게 된다. 따라서, 샘플빔(SB)과 기준빔(RB)의 전체 관측 영역에서 간섭 무늬를 형성하게 된다.
- [0087] 한편, 본 발명의 실시예에 따른 광원단(100)은 45도 편광판(160)을 포함하여 구성될 수 있다. 45도 편광판(160)은 이미징단(200)으로 향하는 평면빔(PB)을 45도 선형편광시킬 수 있다.
- [0088] 일반적으로 이상적인 광원(110)에서 조사되어 형성된 평면빔(PB)은 편광 광 분할기(210)에서 50대 50으로 반사 및 투과될 수 있다. 이는 이상적인 광원(110)의 조건에서 수행되는 바, 본 발명에서는 평면빔(PB)을 45도 편광시킨 상태로 편광 광 분할기(210)로 입사시킴으로써, 50대 50으로 반사 및 투과가 가능하게 한다. 따라서, 평면빔(PB)이 50대 50으로 샘플빔(SB)과 기준빔(RB)으로 분할 가능하게 된다.
- [0089] 여기서, 이미징단(200)에는 렌즈(141,142,151,152)가 배치될 수 있다. 또한, 광원(110)으로부터의 광 경로를 조절하기 위한 반사 미러(130)가 배치될 수 있다.
- [0090] 진술한 광원단(100)의 구성은 일 실시예에 불과하며, 본 발명의 기술적 사상이 도 4에 도시된 광원단(100)의 구성에 국한되지 않는다. 일 예로, 한 쌍의 1축 갈바노미터 미러 외에, 2축 갈바노미터 미러를 적용하여 평면빔(PB)의 각도 조절이 가능할 것이다.
- [0091] 한편, 진술한 실시예에서는 이미징단(200)에서 편광 광 분할기(210)에서 반사된 S 편광의 광 경로 상에 기준단이 구성되고, 투과된 P 편광의 광 경로 상에 샘플단이 구성되는 것을 예로 하고 있다.
- [0092] 반면, S 편광의 광 경로 상에 샘플단을 구성하고, P 편광의 광 경로 상에 기준단을 구성할 수 있다. 이 경우, 상술한 샘플빔(SB)과 기준빔(RB)의 편광 상태는 상호 바뀌게 된다. 그러나, 탈축단(300)의 구성은 그대로 적용하여도 무방하다.
- [0093] 도 4의 미설명 참조번호 600은 이미징단(200)으로부터 기준빔(RB) 및 샘플빔(SB)을 탈축단(300)으로 향하게 하는 반사 미러이다(600).
- [0094] 한편, 본 발명이 실시예에 따른 탈축 이미징 장치(10)는 개구합성 현미경 뿐만 아니라, 간섭형 편광 현미경, 형광 현미경 등 탈축 이미징을 이용하는 다양한 형태로 구현될 수 있다.
- [0095] 일 실시예로, 탈축 이미징 장치(10)는 도 3에 도시된 바와 같이, 개구합성 현미경에 적용되는 것을 예로 한다.
- [0096] 일 실시예로, 이미징 제어부(700)는 각도 조절 미러(121,122)가 평면빔(PB)의 각도를 순차적으로 조절하도록 제어한다. 그리고, 이미징 제어부(700)는 각각의 각도에 대한 평면빔(PB)에 대응하여 카메라 모듈(400)에 의해 획득되는 간섭빔(IB)을 이용하여 시분해 반사 행렬을 생성하고, 시분해 반사 행렬에 기초하여 타겟 샘플, 예컨대, 타겟 샘플 내의 타겟 오브젝트를 이미징한다.
- [0097] 본 발명에서는 이미징 제어부(700)가 상술한 CLASS(Closed-loop accumulation of single scattering) 방법을 통해 시분해 반사 행렬을 이용하여 이미징하는 것을 예로 한다.
- [0098] 보다 구체적으로 설명하면, 타겟 샘플에 대해 획득된 간섭빔(IB), 즉 각도 조절 미러(121,122)에 의해 각도가 조절되면서 획득된 간섭빔(IB)들로부터 시분해 반사 행렬 $E_S(\vec{r}^o; \vec{r}^i, \tau_0)$ 이 구성된다. 시분해 반사 행렬은 위치 $\vec{r}^i$ 에서의 파의 조명에 대한 이미지 평면 $\vec{r}^o$ 에서의 후방 산란파의 복소장 맵을 포함한다. 여기서, 시간적 분해(Temporal gating)가 적용된 비행시간(flight time) τ_0 은 기준면, 즉 본 발명의 실시예에서는 기준 미러(220)의 위치에 의해 설정된다.
- [0099] 상술한 바와 같이, 본 발명에 따른 탈축 이미징 장치(10)는 기준빔(RB)과 샘플빔(SB)이 함께 각도가 변한다. 파형 벡터 $\vec{k}^i$ 에 대해, $E_{in}(\vec{r}, z=0; \vec{k}^i) = E_S^0 \exp[-i\vec{k}^i \cdot \vec{r}]$ 이고, 타겟 샘플로부터의 후방 산란파를 $E_S(\vec{r}_o; \vec{k}^i, \tau_0)$ 라 한다. 여기서, $\vec{r}_o$ 는 카메라 모듈(400)과 연결된 타겟 샘플 평면에서의 공간 좌표이고, τ_0 은 기준면에 의해 설정되는 게이팅 시간(Gating time)이다.

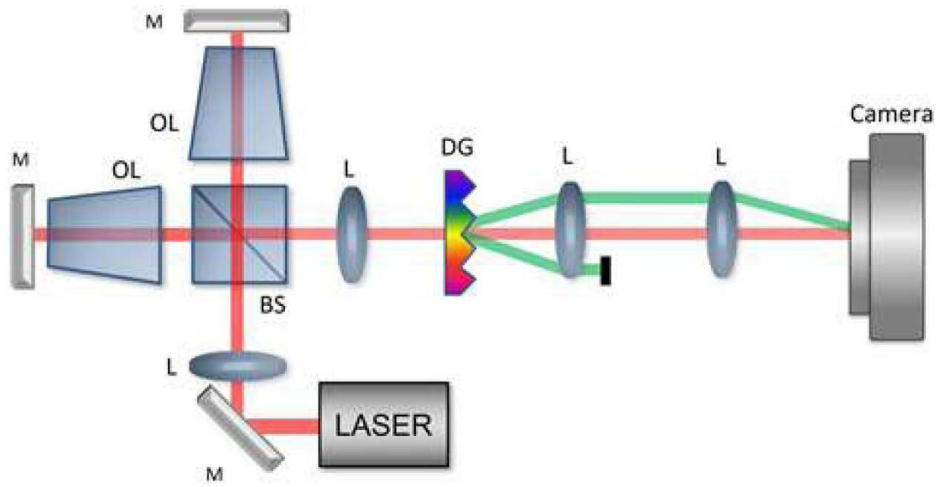
- [0100] 본 발명에서는 $I(\vec{r}_o; \vec{k}^i, \tau_0) = |E_S(\vec{r}_o; \vec{k}^i, \tau_0) + E_R(\vec{r}_o)|^2$ 로 주어지는 인터페로그램을 획득하기 위해 카메라 모듈(400)에 기준빔(RB)을 [수학식 1]과 같이 도입한다. 여기서, 파형 벡터는 $\vec{k}^i + \vec{k}_{DG}$ 이다.
- [0101] [수학식 1]
- [0102] $E_R(\vec{r}_o) = E_R^0 \exp[-i\vec{k}^i \cdot \vec{r}_o - i\vec{k}_{DG} \cdot \vec{r}_o]$
- [0103] $|\vec{k}_{DG}|$ 가 $E_S(\vec{r}_o; \vec{k}^i, \tau_0)$ 의 공간 주파수 대역폭(오브젝트 렌즈의 개구수에 의해 설정됨)보다 큰 조건에서, $\vec{k}_{DG}$ 에 대한 I 의 힐버트 변환에 의해 $I(\vec{r}_o; \vec{k}^i, \tau_0)$ 에서 간섭항이 [수학식 2]와 같이 얻어진다.
- [0104] $E_{GM}(\vec{r}_o; \vec{k}^i, \tau_0) = E_S(\vec{r}_o; \vec{k}^i, \tau_0)(E_R^0 \exp[-i\vec{k}^i \cdot \vec{r}_o])^*$
- [0105] $E_{GM}(\vec{r}_o; \vec{k}^i, \tau_0)$ 은 $(E_R^0 \exp[-i\vec{k}^i \cdot \vec{r}_o])^*$ 를 포함하는 회전하는 기준빔(RB)의 프레임 내에서 후방 산란파의 복소장 맵이다. 여기서, CLASS 방법을 적용하기 위해, 기준빔(RB)의 각도가 조절되지 않은 복소장 맵인 $E_S(\vec{r}_o; \vec{k}^i, \tau_0)$ 의 추출이 필요하다.
- [0106] 즉, 이미징 제어부(700)는 각각의 간섭빔(IB)에 대한 홀로그램 스펙트럼을 각도가 고정된 고정 참조파를 기준으로 하는 고정 스펙트럼으로 변환한 후 시분해 반사 행렬을 생성하게 된다.
- [0107] 여기서, 본 발명에서는 산란과 수차를 동시에 보정할 수 있는 CLASS 방법을 적용하는 것을 예로 한다.
- [0108] 여기서, CLASS 방법을 통한 산란 및 수차를 동시에 보정하여 이미징하는 구체적인 방법은, 본 발명자에 의해 출원된 한국등록특허 제10-2154649호에 구체적으로 개시되어 있는 바, 그 상세한 설명은 생략한다.
- [0109] 이상에서 본 발명의 바람직한 실시예에 대하여 상세하게 설명하였지만 본 발명의 권리범위는 이에 한정되는 것은 아니고 다음의 청구범위에서 정의하고 있는 본 발명의 기본 개념을 이용한 당업자의 여러 변형 및 개량 형태 또한 본 발명의 권리범위에 속하는 것이다.

부호의 설명

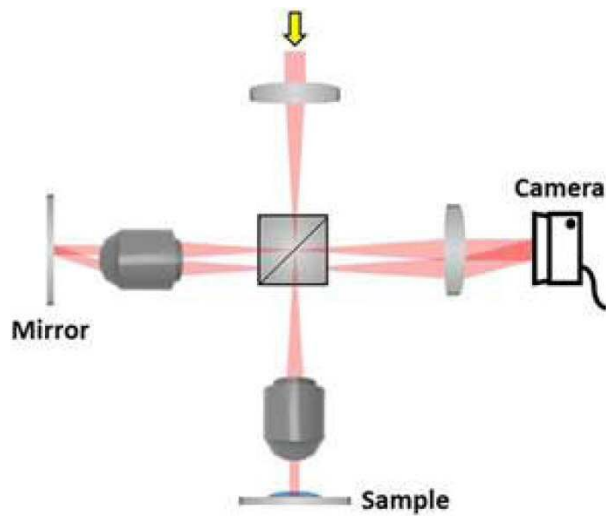
- [0110]
- | | | | |
|----------|---------------|--------------------|---------------|
| 10 | : 탈축 이미징 장치 | 100 | : 광원단 |
| 110 | : 광원 | 121, 122 | : 각도 조절 미러 |
| 130 | : 반사 미러 | 141, 142, 151, 152 | : 렌즈 |
| 160 | : 45도 편광판 | 200 | : 이미징단 |
| 210 | : 편광 광 분할기 | 220 | : 기준 미러 |
| 231 | : 기준단 파장판 | 232 | : 샘플단 파장판 |
| 241 | : 기준단 대물렌즈 | 242 | : 샘플단 대물렌즈 |
| 251, 252 | : 렌즈 | 300 | : 탈축단 |
| 310 | : 광 분할기 | 321 | : 제1 파장판 |
| 322 | : 제2 파장판 | 331 | : 제1 재귀 반사 미러 |
| 332 | : 제2 재귀 반사 미러 | 340 | : 4-f 렌즈 |
| 341, 342 | : 렌즈 | 400 | : 카메라 모듈 |
| 500 | : 편광 소자 | 600 | : 반사 미러 |
| 700 | : 이미징 제어부 | | |

도면

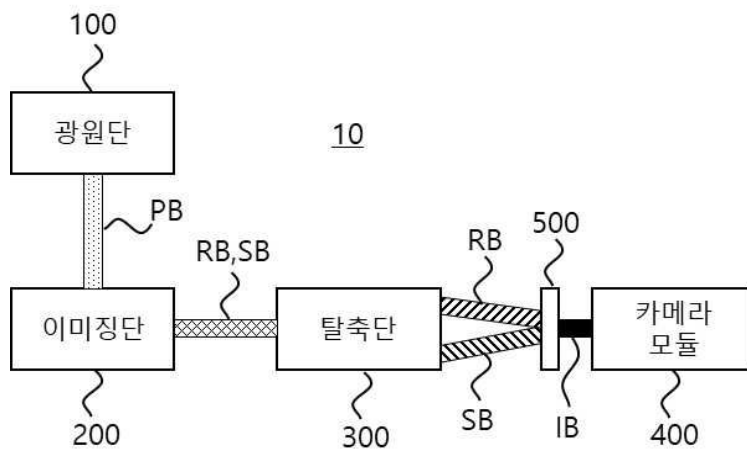
도면1



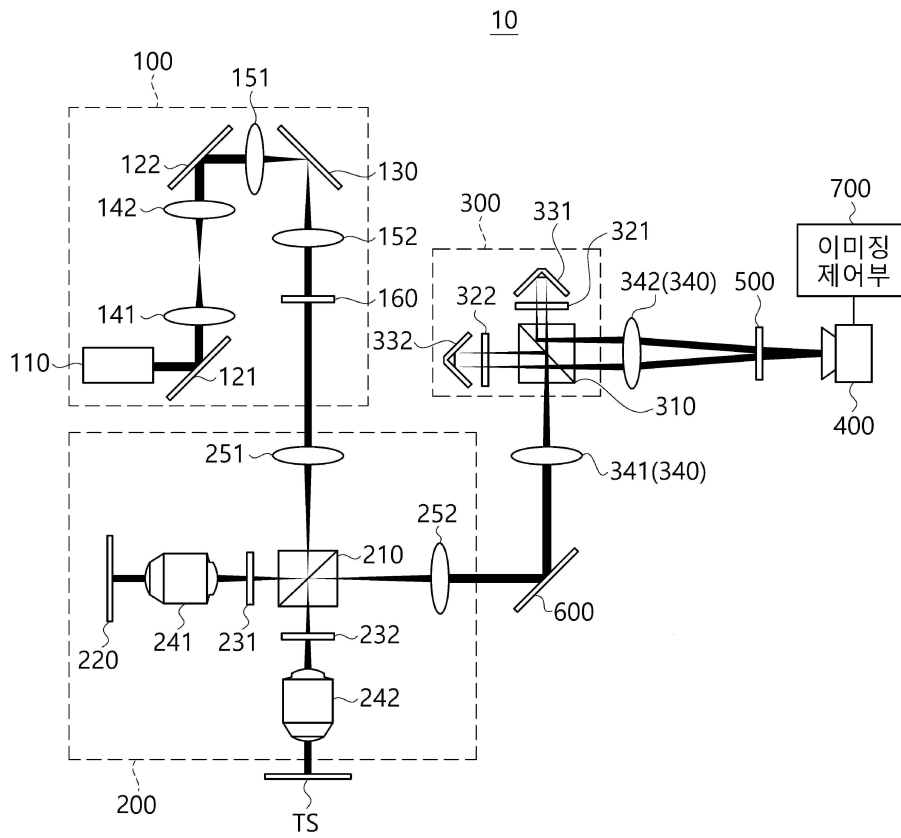
도면2



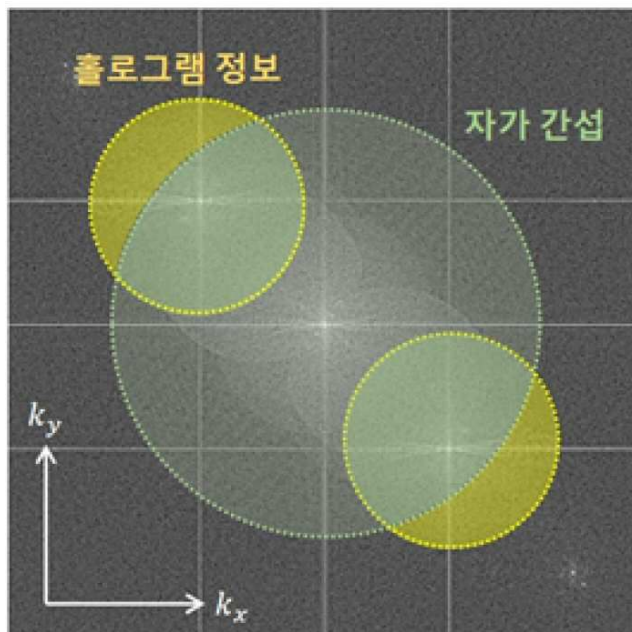
도면3



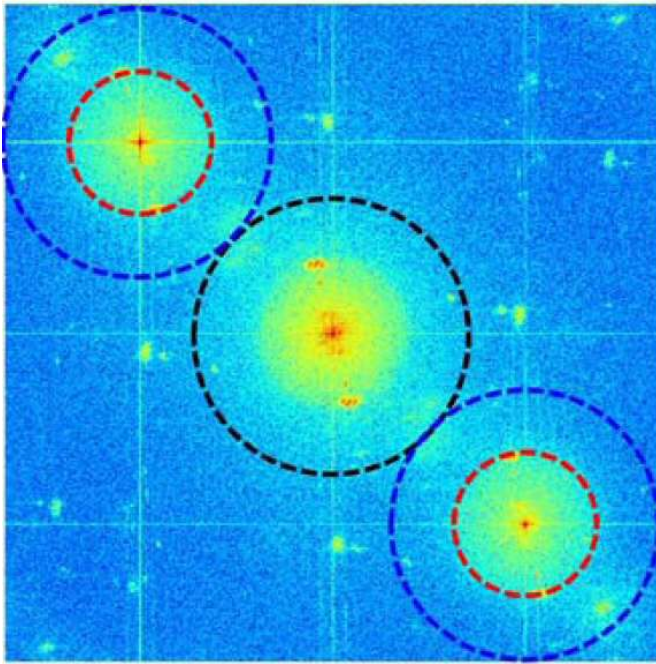
도면4



도면5



도면6



도면7

